疼痛背景下时距知觉的变化*

刘昕鹤 [1,2]　王宁 [1,2Δ]　王锦琰 [1,2]　罗非 [1,2]

1. 中国科学院心理研究所，心理健康院重点实验室，北京，100101

2. 中国科学院大学，心理学系，北京，100049

摘要：时距知觉指对数百毫秒到数个小时时长的知觉，是日常生活中许多活动的基础。时距知觉受到相当多因素的影响，如唤醒、注意、动机等。疼痛是一种多维度的心理及生理现象，包含有感觉分辨、情绪动机、认知评价三个成分。近期研究证明时距知觉会在疼痛背景下发生改变。疼痛背景下时距知觉的相关研究主要涉及三个方面：（1）健康被试对疼痛面孔的时距知觉；（2）实验室诱发疼痛对健康被试时距知觉的影响；（3）临床疼痛患者的时距知觉变化。探索疼痛背景下时距知觉的变化，可以为理解疼痛的发生发展机制以及时间知觉的机制提供一个新视角。

关键词：时距知觉　疼痛面孔　实验室疼痛　临床疼痛　计步器—累加器模型

1. 引言

从对数十毫秒动作节律的把握、数秒时长流逝的判断，到感受昼夜变换、四季交替均属于时间知觉的范畴。而时距知觉(Interval timing)属于时间知觉的亚类，具体指对数百毫秒到数小时时长的觉知，是日常生活中的一项重要能力，能够影响个体的行为选择(Buhusi & Meck, 2005)。例如老师需要估计下课时间，来调整讲课速度；厨师需要掌控烹饪时间，以保证菜肴做到合适的程度。但时距知觉并非是对流逝时间的客观准确的知觉，而是一项高度主观的能力，依赖于所处的环境背景(Merchant, Harrington, & Meck, 2013)。其中情绪、注意、动机等均会对时距知觉产生影响(Lake, LaBar, & Meck, 2016)。时距知觉在特定情境下的变化展现出了一些规律。例如在面对愤怒面孔(Doi & Shinohara, 2009; Fayolle & Droit-Volet, 2014; Gil & Droit-Volet, 2011; Gil, Niedenthal, & Droit-Volet, 2007)、厌恶刺激(Gil & Droit-Volet, 2009, 2012)或恐惧刺激时(Buetti & Lleras, 2012; Grommet et al., 2011; Watts & Sharrock, 1984)，人们的时距知觉倾向于拉长；而当注意从感知时间上分散(Casini & Macar, 1997; Chen & O'Neill, 2001; Macar, Grondin, & Casini, 1994)、动机强烈时(Gable & Poole, 2012; Soares, Atallah, &

收稿日期：2019-08-14

*国家自然科学基金面上项目(31671140)

Δ通信作者：王宁，wangn@psych.ac.cn

Paton, 2016)，人们的时距知觉倾向于缩短。

现实生活中几乎每个人都体验过疼痛。国际疼痛协会(IASP)将疼痛定义为：“一种与实际或潜在组织损伤相关的不愉悦的感觉、情感的体验”。疼痛是一种多维度的心理及生理现象，经典理论认为疼痛包含有感觉辨别、情绪动机、以及认知评价这三种成分(Melzack & Wall, 1965)。近年来，随着疼痛研究的发展，有研究者提出疼痛不仅是个体自身的感受，还具有一定的社会属性，疼痛个体和观察者之间有可能会相互影响(Goubert et al., 2005)，还有研究者呼吁在疼痛的新定义中加入社会维度(Williams & Craig, 2016)。大量的研究表明，疼痛能够影响包括注意、记忆以及执行功能在内的多种认知功能(Berryman et al., 2014; Simons, Elman, & Borsook, 2014)。疼痛感觉具有时间维度，而干预时距知觉能够影响被试对疼痛的主观体验(Pomares, Creac'h, Faillenot, Convers, & Peyron, 2011)，例如将伤害性刺激的持续时间进行误导性缩短时，被试主观报告的疼痛强度也降低(Pomares et al., 2011)。在这里，我们将从疼痛面孔、实验室疼痛以及临床疼痛三个层面探索疼痛对于时距知觉的影响。

尽管疼痛面孔并不会直接引起被试的疼痛感受，但是对疼痛面孔的识别具有重要的进化意义及社交意义(Huang, Qiu, Liu, Li, & Huang, 2018; Williams, 2002)。脑成像研究显示，即使是观察他人疼痛面孔时，也会产生与遭受疼痛时类似的脑激活模式(Cui, Abdelgabar, Keysers, & Gazzola, 2015)。因此，本综述将疼痛面孔刺激也作为探索疼痛对时间知觉影响的一个层面，以期揭示疼痛的社会属性对于时距知觉的影响。实验室疼痛多由短暂的外源伤害性刺激（机械刺激、热刺激、冰水等）引起，在外源刺激撤出后，疼痛感受也随之消失，此外由于伦理学要求，这种疼痛的强度相对较弱且可预测(Arntz & Hopmans, 1998; Crombez, Baeyens, & Eelen, 1994)。临床疼痛的情况则更为复杂，通常会给患者带来非常大的痛苦，有些临床疼痛较为剧烈，持续时间长，在原发疾病治愈后，疼痛可能仍然存在，会引起大脑的可塑性变化。因此，我们将实验室疼痛和临床疼痛分开讨论。从时距知觉的角度探讨疼痛，或许有助于解释、预测疼痛背景下人或动物行为的变化，从而深入理解疼痛系统所扮演的角色；另一方面，也可以从新的角度为探讨临床疼痛的发生发展机制提供参考，有助于发展新的疼痛干预方式。

此外，对不同的时长的知觉涉及到不同的机制。Droit-Volet 指出对秒下时长的知觉主要依赖于感觉变化，属于自动化加工的过程；而在知觉秒上时长（例如数秒到数分钟），被试需要长时间将注意指向并维持在被知觉对象上，这一过程容易受到注意及工作记忆容量的影响(Droit-Volet, 2013)。这一现象得到了脑成像证据支持：对秒下时长的知觉主要激活了基底神经节、小脑等运动神经环路，被认为与运动计时(Motor timing)系统密切相关；而对秒上时

长计时过程更高程度地激活了前额叶、顶叶等皮层区域，被认为与认知计时(Cognitive timing)系统密切相关(Lewis & Miall, 2003; Mauk & Buonomano, 2004)。而另有研究者认为，对 5s 以下时长估计过程中，相关时间信息不会进入记忆中，是一个连续知觉的过程；而对更长时距（例如十多秒到几分钟）进行估计时，其中可能涉及记忆的编码及提取，这一过程更复杂，因此建议区分不同时长的知觉过程 (Fraisse, 1984)。大多数人类研究中要求被试知觉对象是 5s 以下的时长，动物研究中则有研究训练动物知觉 10s 以下的时长；但有一部分研究则探讨了实验室疼痛及临床疼痛对数分钟时距知觉甚至日常生活中对时间流逝知觉的影响。在这两章节中，我们分别描述了疼痛对数秒时长及数分钟时长的知觉的影响，并探讨了其中差别。

2. 疼痛面孔对时距知觉的影响

2. 1 疼痛面孔影响时距知觉的行为学研究

疼痛表情不属于一类基础的表情，而是同时具有了悲伤、愤怒表情特征的一类表情，(Kappesser & Williams, 2002)。从功能上看，疼痛表情可以传递自身需要共情、关怀、帮助的信号，同时也可以提示观察者周围环境中可能存在着潜在伤害性刺激(Williams, 2002)。Huang 等研究者采用时间二分任务(Temporal bisection task)比较了被试对疼痛面孔和中性面孔呈现时长的知觉，结果发现，无论面孔呈现时长为秒下到秒上(400 ~1600ms)或是为秒下时距(200 ~800ms)时，与中性面孔相比较，被试均有更高的概率将疼痛面孔的呈现时长判断为“长”(Huang et al., 2018)。研究者以被试做出“长”判断的概率与面孔呈现时长进行曲线拟合，计算得到时距的主观相等点(Point of subjective equally, PSE)，即被试有 50%的概率将这一时长归类于“长”。被试对疼痛表情的 PSE 明显低于中性表情，提示了对疼痛表情时距知觉被拉长。这项研究中采用的时间二分任务是时距知觉研究中一种经典的任务范式(Church & Deluty, 1977; Thones & Oberfeld, 2015)。在此任务中，被试通过首先学习分辨差异明显的“长”、“短”两种时距，接着在测试过程中，会呈现一系列中间时距的刺激，被试需要将这些中间时距归类于“长”或“短”(Church & Deluty, 1977; Thones & Oberfeld, 2015)。通过曲线拟合可以得到 PSE 的参数，PSE 的升高或者降低整体可以反应在这个时间段上时距知觉的缩短或者拉长(Church & Deluty, 1977)。

在另一项研究中观察到了同样的结果。研究者采用时间二分任务，要求被试对呈现时长为秒下(200 ~800ms)及秒上(1400 ~2600ms)的疼痛表情及中性表情时长做出二分判断，结果观察到被试对秒下和秒上的疼痛表情都更多地判断为“长”(黄顺航, 刘培朵, 李庆庆, 陈有国, 黄希庭, 2018)；同时对疼痛表情的 PSE 明显下降，提示了被试对疼痛表情的主观时长被拉

长。除此之外，该研究还同时采用了时间泛化任务(Temporal generalization task),要求被试在知觉一系列刺激的时长(200 ~800ms 及 1400 ~2600ms)后，判断呈现的刺激时长(200 ~800ms 范围的标准刺激是 500ms；1400 ~2600ms 的标准刺激是 2000ms)与标准刺激是“相等”还是“不相等”。结果发现被试仅对秒下的疼痛面孔表现出过长估计，而对秒上的疼痛面孔与中性面孔相比较则无显著差异(黄顺航等，2018)。此外，相对于中性面孔，被试对疼痛面孔给予了更高程度的唤醒评价。如前所述，疼痛表情与愤怒表情、悲伤表情有着相似的特征(Kappesser & Williams, 2002)。之前的研究采用了二分任务观察到了被试对高唤醒评价的愤怒面孔展现出了对时距的过长估计(Fayolle & Droit-Volet, 2014; Gil & Droit-Volet, 2011; Gil et al., 2007)，但对于低唤醒的悲伤表情则未表现出明显的时距知觉改变(Fayolle & Droit-Volet, 2014)甚至是低估效果(G. Mioni et al., 2018)。这一结果提示了对疼痛表情的过长估计可能与对愤怒面孔的过长估计有着类似的机制，其中高唤醒可能中介了这一过程。

但是也有研究者观察到了不同的结果。Ballotta 等人的研究采用了时间产生任务(Temporal production task)，要求被试通过按键呈现疼痛面孔或中性面孔 3s 时长，同时判断面孔的性别；结果发现被试对疼痛面孔的按键时间显著长于中性面孔，即对疼痛面孔时距知觉缩短(Ballotta, Lui, Porro, Nichelli, & Benuzzi, 2018)。这一研究中同时采用了脑成像技术，观察到右侧颞中回的激活程度中介了疼痛面孔引起时距知觉变化。这项研究差异化的结果可归因于实验设计的不同：首先，前述的研究采用了时间二分任务，被试需要知觉刺激时长并提取参考记忆中标准“长”时距和“短”时距，在工作记忆中对比并做判断，这一过程与工作记忆、决策过程密切相关，而 Ballotta 等人的研究采用的是时间产生任务，记忆过程及决策过程的参与程度并不高(Gil & Droit-Volet, 2011)；其次，此研究采用了双任务范式，要求被试知觉面孔时长同时还要求被试判断面孔性别，这很可能占用了被试的认知资源；第三，此研究选用了一个较长的时长(3s)，而上述研究中要求被试知觉的面孔呈现时间则相对较短 (<3s)，对不同时长的知觉过程所涉及到的认知成分并不一样(Droit-Volet, 2013)。以上因素可能共同导致了 Ballotta 等人的研究结果与其他研究存在差异。

2.2 疼痛面孔引起时间知觉改变的机制

脑成像研究显示对疼痛面孔的识别过程中所激活的脑区与疼痛信号激活脑区相似，包括前扣带回皮层、脑岛、杏仁核等(Cui et al., 2015)，其中前扣带回皮层在注意维持及工作记忆上起着重要作用(Dolcos et al., 2013)，而脑岛与杏仁核的激活可能中介了厌恶性刺激引起时距知觉延长的过程(Dirnberger et al., 2012)，提示了对疼痛面孔的识别与时距知觉在神经机制上存在着重叠。

疼痛系统与唤醒、注意过程关系密切。研究发现，当人处于高唤醒状态时（通过皮肤电、心跳速率、主观报告测量），人的主观的时距知觉倾向于延长(Mella, Conty, & Pouthas, 2011; Schwarz, Winkler, & Sedlmeier, 2013)；当分配到计时任务上的注意资源降低时，人的时距知觉倾向于缩短(Casini & Macar, 1997; Chen & O'Neill, 2001; Macar et al., 1994)，提示了唤醒和注意是影响时距知觉的两个因素。时距知觉领域的经典模型计步器-累加器模型(Pacemaker-Accumulator model, PA)整合了唤醒及注意在时距知觉中的作用。PA 模型认为人和动物是通过一个内在的生物计时机制进行计时，这个计时机制包括计步器(Pacemaker)、注意开关(Attentional Switch)、累加器(Accumulator)等机制成分(Gibbon, Church, & Meck, 1984)。这一模型假设注意从计时刺激上分散时，注意开关打开，计时过程中断从而引起时距知觉缩短；而生理唤醒程度升高时，内在计时机制运作速率增加，从而引起时距知觉延长。PA 模型为唤醒及注意在计时过程中所扮演的角色提供了理论依据。

被试在实验过程中往往给予疼痛面孔更高的生理唤醒评价(Reicherts, Gerdes, Pauli, & Wieser, 2013)。依据 PA 模型假设，面对疼痛面孔时唤醒程度的增高可能中介了时距知觉的拉长。另一方面，注意也有可能中介了对疼痛面孔时距知觉的变化。Heathcote 等人采用了点探测范式，以反应时为指标，考察了健康被试对疼痛面孔的注意偏向，结果观察到注意控制能力低的被试对呈现时长在 1s 以上的疼痛面孔产生注意偏向(Heathcote et al., 2015)。Vervoort 等研究者采用了眼动追踪技术，观察到低疼痛灾难化得分的健康被试能更快地注视到疼痛面孔(Vervoort, Trost, Prkachin, & Mueller, 2013)。在对面孔的计时任务中，被试的注意需要维持在面孔上并感知持续时间。从 PA 模型理论框架下解释，注意从被计时刺激上分散时，计时会中断从而引起时距知觉的缩短。以上研究提示了计时过程中，被试对疼痛面孔可能有着更快的注意指向，或是注意力能更好地维持在疼痛面孔上。因此，对疼痛面孔的过长估计可能是唤醒和注意的共同作用。

此外，疼痛面孔效价(Valence，正性或者负性)也有可能中介了时距知觉的变化。疼痛表情刺激多被评价为具有负性效价(Reicherts et al., 2013)。之前的研究者就观察到，被试面对负性刺激时，无论对负性图片进行了高低唤醒评价，对负性图片呈现时间估计均长于正性图片及中性图片；同时未对高唤醒的正性图片表现出过长估计(Angrilli, Cherubini, Pavese, & Manfredini, 1997; Buetti & Lleras, 2012)，提示了时距知觉的延长效应可能独立于唤醒的变化。但以上研究并未要求被试评价疼痛面孔的正负效价，因此还缺乏直接证据证明是疼痛面孔效价影响了时距知觉，未来的研究还可以从这个角度进行深入挖掘。

3. 实验室疼痛状态下时距知觉的变化

3.1 实验室疼痛对数秒时长知觉的影响

疼痛预期与情绪紧密相关，对疼痛的确定或者不确定预期伴随着焦虑情绪或是恐惧情绪(Baliki & Apkarian, 2015; Karos et al., 2017)。前人研究就观察到恐惧情绪诱发时距知觉的拉长，焦虑被试在面对威胁时也表现出时距知觉的拉长(Bar-Haim, Kerem, Lamy, & Zakay, 2010; Fayolle, Gil, & Droit-Volet, 2015; Tipples, 2011)。早在 1963 年，Hare 就采用了口头估计法(Verbal estimation task)，要求健康被试估计 5s 和 20s 的时长，在计时结束后被试指尖会受到一次达到疼痛强度的电击。结果当预期受到电击时，被试对两个时长均表现出了过长估计(Hare, 1963)。对经历过车祸、抢劫的人进行访谈时，他们经常回忆在当时危急的情况下觉得时间过得更慢甚至停滞(Tse, Intriligator, Rivest, & Cavanagh, 2004)。Droit-Volet 认为面对威胁刺激时，个体防御机制激活，使个体处于准备行动（例如逃跑或者回避）的状态，这一状态伴随着时距知觉的拉长(Droit-Volet, 2013)。疼痛预期引起时距知觉的延长，可能反映了被试将疼痛视为一类威胁。

近期研究在实验室条件下探讨了实验室疼痛状态下被试时距知觉的变化。Ogden 等研究者比较了热痛及对热痛预期对时距知觉的影响(Ogden, Moore, Redfern, & McGlone, 2015)，这项研究首先要求被试将屏幕呈现的中性刺激（几何图形）与热痛刺激进行条件化学习，之后要求被试对经过疼痛条件化后的中性刺激呈现时长(200 ~1300ms)进行估计。结果观察到，健康被试对经过疼痛匹配的中性刺激时间估计更长；同时，这项研究观察到处于热痛状态下的被试也对未经疼痛条件化的中性刺激时长展现出了过长估计，提示了疼痛及疼痛预期均会引起时距知觉延长。Rey 等研究者采用了时间二分任务，考察了处于冷压痛下健康被试对数百毫秒时距知觉的变化。此研究要求被试将分别将手放在 12 ℃冷水（疼痛条件）中或 25℃室温的水（控制条件），同时呈现一系列数百毫秒时长(250 ~750ms)的中性刺激（灰色方块），要求被试知觉并将刺激时长归类于“长(750ms)”或“短(250ms)”。研究者以做出“长”反应的概率与刺激呈现时长进行了心理测量曲线拟合，结果发现处于冷压痛状态下的被试报告了更高的疼痛得分，对刺激时长做出“长”判断的概率升高(Rey et al., 2017)。同时以参数拟合得到的 PSE，冷压痛状态下的 PSE 显著降低，提示了冷压疼痛延长了时距知觉；且 PSE 与主观报告的疼痛程度的有着共变关系：主观的疼痛感受越强，个体对中性图片刺激的主观时间感受就越长(Rey et al., 2017)。

在动物研究中也获得了类似的研究结果。Meck 采用了时间二分任务，训练大鼠对 2s 及

8s 时长的声音刺激进行分辨并按压不同的杠杆以获取食物奖赏；测试阶段呈现一系列 2 ~8s 的中间时长，并给予 0.2mA 足底电击(Meck, 1983)。结果观察到在给予电击的情况下，大鼠的心理测量曲线左移、PSE 降低，即足底电击引起了时距知觉的延长；并且在停止电击 1.5 小时后的测试中，大鼠的心理测量曲线右移、PSE 升高，动物更倾向于将时间判断为"短"。然而，Meck 的研究中的电流强度相对较弱，并且未系统地报告大鼠在接受电流后的伤害感觉行为，因此无法明确这个研究中大鼠是否产生了伤害感受。尽管如此，这项研究仍可以帮助我们理解电刺激产生的疼痛是如何影响时间知觉。

3. 2 实验室疼痛对数分钟时距知觉的影响

另外一些研究则比较了疼痛状态下健康被试对较长时间（数分钟）的知觉过程。Thorn 和 Hansell 的研究中要求健康被试将手放入 7 ℃冷水（疼痛条件）或是 35 ℃水（控制条件），并在 120s 后询问被试过去了多久。处于疼痛状态下的被试表现出了对时间流逝的显著低估(Thorn & Hansell, 1993)。这一研究结果被 Hellstrom 及 Carlsson 采用了相同的实验方式所重复。虽然疼痛过程中健康被试报告了高程度的唤醒及低程度的冷静及愉悦，但他们对 120s 的时长及 300s 的时长均产生了过短估计(Hellstrom & Carlsson, 1997)。这一结果提示了疼痛或许可以通过另外的方式影响对数分钟时距的知觉。

3. 3 实验室疼痛引起时间知觉改变的机制

在实验室条件下，研究者较为一致地观察到疼痛预期及疼痛状态延长了被试对数百毫秒到数秒时长的时距知觉。脑成像研究显示疼痛信号会激活一系列认知-情感相关的脑区，包括前扣带回皮层、脑岛前部等，这些脑区的活动被认为编码了疼痛的心理方面的特征(Wiech, 2016)。如前所述，前扣带回皮层及脑岛可能中介了情绪刺激影响时距知觉的过程(Dirnberger et al., 2012)。处于实验室疼痛下的被试会出现血压升高、心率升高等高唤醒的生理状态表现(Roberts, Klatzkin, & Mechlin, 2015; Sambo, Howard, Kopelman, Williams, & Fotopoulou, 2010)。因此，从 PA 模型的角度来看，疼痛所引起的高唤醒可能中介了时距知觉的延长。

另外，疼痛能够抓取注意力从而影响认知任务，例如前人的研究就观察到实验室下急性热痛引起注意任务(n-back 范式)中正确率明显下降(Buhle & Wager, 2010)，这意味着疼痛和计时任务或许存在着注意力资源上的竞争。PA 模型假设当注意从知觉对象上分散时会引起时距知觉的缩短(Droit-Volet, 2013; Lake et al., 2016)，但在对数秒的时距知觉任务中，研究者并没有发现这一现象。对不同时长的知觉涉及到不同的心理机制，其中对较短时长的知觉过程中，被试不需要长时间将注意维持在时距知觉对象上，这一过程主要受到唤醒的影响(Droit-Volet, 2013)。在对几秒时长的知觉过程中，被试受到了实验室疼痛诱导的高唤醒的影

响，而疼痛对注意的抓取效应对时距知觉的作用可能不显著，最后表现为在这一量程上时距知觉的拉长。疼痛系统的一个重要功能是改变人的行为，当机体意识到疼痛时，能迅速对周围环境产生警觉并注意回避伤害性刺激，这一过程伴随着焦虑情绪(Baliki & Apkarian, 2015)。结合前人理论，疼痛及疼痛预期引起数秒时长上时距知觉的延长可能有着进化上的意义：伤害性痛往往有着明确的外界伤害源，例如高温、机械刺激；当预期遭受疼痛或是处于疼痛状态下时，个体迅速进入警觉状态，有助于立刻采取有效的措施远离伤害源，避免进一步的身体伤害，这一状态下或许伴随着时距知觉的拉长。

而当所知觉的时长延长到数分钟时，实验室疼痛下的被试反而认为时间过得更快(Hellstrom & Carlsson, 1997; Thorn & Hansell, 1993)。在知觉数分钟时长时，除了受到注意唤醒的作用，而记忆编码、提取也可能参与到了其中，涉及到更多的认知成分。实验室疼痛对数分钟时距知觉的影响可能是多方面的：（1）在知觉较长时间时，疼痛能够抓取注意力，使被试无法长时间将注意力维持在被知觉对象上；（2）疼痛诱发的高唤醒状态可能只对数秒内时长知觉产生延长效果，而当所知觉时间拉长到几分钟时，高唤醒可能不再占据主要作用；（3）在对数分钟时间的估计的研究中，被试还需要提取相关时间信息来进行时长判断，疼痛可以干预记忆的编码、提取过程(Pitaes, Blais, Karoly, Okun, & Brewer, 2018)，这可能导致被试对时间估计出错。但是，目前仅有两项研究比较了疼痛状态下数分钟时距知觉的变化，且采用了同样的实验流程，结果解释还相对受限。

需要注意的是，与真实的疼痛情境相比较，实验室疼痛本身还存在一定局限。首先，在实验室疼痛研究中，疼痛强度通常会设置成在可忍受范围内，而真实的急性疼痛，其强度可能更加剧烈；此外，在实验室疼痛的研究中，被试通常会被提前告知需要接受疼痛刺激，而在预测要受到疼痛刺激时，疼痛对注意任务的干扰程度会下降(Arntz & Hopmans, 1998; Crombez et al., 1994)，而真实情境下可能更难以预测疼痛的到来。因此，实验室疼痛对于时间知觉的影响相对于真实的急性疼痛场景下，可能会更弱一些。

4. 临床疼痛病人时距知觉的变化

世界上约有 15%的人口正在遭受慢性痛的折磨(Murray & Lopez, 2013)。当人们罹患慢性疼痛后，生活质量会显著下降，伴随着各种症状，例如抑郁、失眠、自杀、免疫功能下降等(Baliki & Apkarian, 2015)，因此探讨临床疼痛患者心理认知的变化更具有应用价值。临床疼痛患者会表现出一些心理功能损害，例如工作记忆容量下降、对疼痛信息产生注意偏向等，从而影响相关认知活动(Simons et al., 2014)。另外，一些临床疼痛患者会抱怨日常生活中时

间流逝更慢(van Laarhoven, Schilderman, Verhagen, & Prins, 2011)，提示了病理性痛也可能影响时距知觉。一些研究者探讨了临床疼痛病人时距知觉的变化。然而，目前大部分的相关研究主要集中在偏头痛患者，另外还有少部分研究探索癌症晚期病人时间知觉的改变，此类患者常伴有较为严重的疼痛。我们尚未发现关于其他类型临床疼痛患者的时间知觉研究，所以此部分仅着重介绍偏头痛患者和癌症患者的相关研究。由于时距知觉受到情绪影响，通过探讨临床疼痛病人时距知觉的变化，可以观察疼痛患者在认知或情绪方面的变化。

4.1 临床疼痛患者对数秒时距知觉的影响

Anagnostou 和 Mitsikostas 的研究观察了偏头痛患者对数十毫秒间隔(30 ~100ms 之间，以两段 5ms 的纯音分开)的听觉刺激时间分辨能力。与匹配的健康对照组相比，偏头痛患者分辨正确率无明显差异，提示了其对于数十毫秒时长的分辨能力保持正常(Anagnostou & Mitsikostas, 2005)；此外，该研究还要求偏头痛患者知觉一系列 0.5s、1s、1.5s、2s 的时长并判断是否等于 1s(时间泛化任务)，同时采用汉密尔顿抑郁得分量表(Hamilton’s Rating Scale for Depression)测量了被试的抑郁症状。结果发现虽然偏头痛患者与健康被试表现无差异，但有抑郁症状的偏头痛患者将 0.5s 判断为 1s 的概率高于健康被试及无抑郁症状的偏头痛患者。该研究表明抑郁症状可能中介了临床疼痛患者时距知觉的变化。

Zhang 等人(2012)采用了时间再产生任务(Temporal reproduction task)，要求偏头痛患者（头痛持续至少一年）在知觉 600ms、3s、5s 的中性视觉刺激后，再以按键方式再产生出同等的时长。结果观察到偏头痛患者对 600ms 时长的视觉刺激展现时间更长；但在再产生的秒上时长（3s、5s）时，偏头痛患者与健康对照组的表现无明显差别。研究者推测偏头痛患者可能存在小脑功能变化，引起运动计时系统受损，表现为对数百毫秒时长的过长估计。而 Vicario，Gulisano，Martino 和 Rizzo(2014)也采用时间的再产生任务，以偏头痛儿童为被试，观察到了类似的结果。这项研究要求被试知觉呈现时长为 1.5 ~1.9s 的中性视觉刺激（黑色圆圈），再通过按键产生同样的时长，结果观察到偏头痛儿童的时距知觉显著拉长。以上两项研究提示了偏头痛患者对较短(低于 2s)的时长倾向于过长估计，而对更长时距的知觉功能则可能维持正常。

另一系列研究探讨了偏头痛患者躯体感觉时间分辨阈限的变化。测量躯体感觉时间分辨阈限的方式为在手背上呈现两次连续的轻微电刺激（强度为最小可觉察程度），要求被试在时间上区分两次电刺激，其中可以分辨两个电刺激的最小间隔时长为躯体感觉时间分辨阈限(Boran, Cengiz, & Bolay, 2016; Vuralli, Boran, Cengiz, Coskun, & Bolay, 2017; Vuralli, Evren Boran, Cengiz, Coskun, & Bolay, 2016)。Vuralli 等人的研究观察到紧张型偏头痛(Tension-type

headache)患者的躯体时间分辨阈限与正常人无明显差别，而阵发性偏头痛(Episodic migraine)患者的躯体时间分辨阈限明显上升，但这项研究并未区分患者是否处于头痛发作期(Vuralli et al., 2017)。Boran 等人的研究观察到处于头痛发作期间的阵发性偏头痛患者的时间分辨阈限明显高于非头痛发作期间，及作为对照的健康被试(Boran et al., 2016)。Vuralli 等人的另一项研究则观察到慢性偏头痛患者(Chronic migraine)在头痛发作期或者头痛间歇期均展现出了躯体感觉时间分辨阈限的上升(Vuralli et al., 2016)。偏头痛是临床上常见的头痛类型。依据国际头痛障碍分类(International Classification of Headache Disorders, 3rd edition, ICHD-3)的描述，紧张型偏头痛的一条诊断标准为每个月不超过一天的头痛情况；而慢性偏头痛被描述为持续三个月以上，每个月至少有 8 天处于头痛期，并且由紧张型偏头痛发展而来。上述一系列研究提示了紧张型偏头痛发展为慢性偏头痛过程或许伴随着躯体感觉时间分辨阈限的改变；更重要的是，躯体感觉时间分辨阈限的变化或许可成为偏头痛患者的一项生物标识。

4.2 临床疼痛引起数分钟时距知觉的变化

Isler，Solomon，Spielman 和 Wittlieb-Verpoort 的研究(1987)观察了头痛患者对较长时距知觉的变化。在数十分钟(13 ~42 min 不等)的呼吸生物反馈治疗(Respiratory biofeedback treatment)结束后，主试询问头痛患者对治疗时间的估计，观察到处于头痛期被试对治疗时间过长估计的概率高于非头痛期的患者及健康被试；此外，主试要求被试阅读一段关于“失眠”的文本，180s 后停下询问被试主观的过去时间，也观察到处于头痛期的患者过长估计了 180s 时长；而作为对照组的失眠患者，有过头痛历史的患者及健康被试均未表现出此类效应。Anagnostou 和 Mitsikostas 的研究中采用了时间觉知量表(Time Awareness Questionnaire, TAW，要求被试回忆日常活动中时间流逝的快慢，得分越高代表主观感觉时间过得更快)考察了偏头痛患者对日常生活中时间流逝的感知；虽然偏头痛患者与控制组 TAW 得分无差异，但具有抑郁症状的偏头痛患者的 TAW 得分显著低于非抑郁的偏头痛患者，并且 TAW 得分与抑郁得分成负相关，即抑郁得分越高，就越容易在日常活动中觉得时间过得慢(Anagnostou & Mitsikostas, 2005)。另外，van Laarhoven 等人对比了无明显症状患者及癌症晚期患者时间知觉的变化，其中无明显症状的患者更关注“未来”事件，对未来抱有期望；而癌症晚期患者更倾向于将注意力放在“当下时间”，认为当下时间过得很慢甚至停滞，并且主观时间流逝速度与个人痛苦(Distress)得分成反比，即主观越痛苦，越觉得时间过得更慢(van Laarhoven et al., 2011)。

4.3 临床疼痛引起时距知觉改变的机制

慢性疼痛患者伴随着工作记忆容量下降，容易对疼痛信息产生注意偏向，并且遭受抑郁、

焦虑情绪影响的概率也升高(Simons et al., 2014)。情绪状态是影响时距知觉的一个重要因素。例如在时间产生任务中，抑郁患者过长产生了数百毫秒的时长，而对数秒时长的产生与健康被试无异；而高特质焦虑被试则未表现出明显差异(Giovanna Mioni, Stablum, Prunetti, & Grondin, 2016)；在时间再产生任务中，高特质焦虑被试表现出了对数百毫秒时长的过短产生，对数秒时长的产生则正常(Giovanna Mioni et al., 2016)。此外，偏头痛患者睡眠质量差，自身报告有更多的焦虑症状，并在白天出现了更多疲惫症状(Engstrom et al., 2013; Engstrom, Hagen, Bjork, Stovner, & Sand, 2014)，提示了他们的唤醒水平也可能出现了变化。综合来看，临床疼痛患者的情绪变化或许是影响时距知觉的一个重要因素。

目前的研究中，Zhang 等人的研究及 Vicario 等人的研究均采用了时间再产生任务观察到偏头痛患者倾向于过长估计数百毫秒的时长，但在对稍长(>2s)的时长知觉上未表现出明显的变化(Vicario et al., 2014; Zhang et al., 2012)。对此，一项解释是研究者所采用的实验范式导致了这个结果。在时间再产生任务中，被试需要将所知觉的时长保持在工作记忆中，并将注意力分配到所要产生的时长过程中(Gil & Droit-Volet, 2011; Giovanna Mioni et al., 2016)，另外被试在时间再产生任务中的表现与被试工作记忆容量相关(Baudouin, Vanneste, Isingrini, & Pouthas, 2006)；而在时间产生任务中，被试输出结果与内在计时机制的运作速率密切相关，而与记忆、决策过程关系不大(Gil & Droit-Volet, 2011; Giovanna Mioni et al., 2016)。前人的研究也观察到时间再产生任务与时间产生任务中所得结果也并不一致(Gil & Droit-Volet, 2011; Giovanna Mioni et al., 2016)。因此，我们推测偏头痛患者在时间再产生任务中表现出的对时间的过长估计，可能反应了其认知能力（例如工作记忆、指向注意能力）的受损，而不一定是内在计时速率的改变。总体来说，这方面研究还较少，实验方法单一，未来建议采用更多的时距知觉测量方式来获取相关证据。

Vuralli 等人的研究(2017)及 Boran 等人的研究(2016)均观察到阵发性偏头痛患者的躯体感觉时间分辨阈限在头痛发作期间上升，而在未发作期间则保持正常，而 Vuralli 等人(2016)的另一项研究则观察到慢性偏头痛患者躯体感觉时间分辨阈限则持续上升。对此的一项解释是多巴胺系统功能受损中介了这一效应。在人类及动物研究中均观察到了多巴胺系统的活动参与了时距知觉(Soares et al., 2016; Tomassini, Ruge, Galea, Penny, & Bestmann, 2016)。帕金森症患者在患病早期躯体感觉的时间分辨阈限保持正常，但在患病持续一段时间后表现出了躯体感觉时间分辨阈限上升(Conte et al., 2016)。一项综述分析了 1990 年到 2017 年对帕金森症患者躯体感觉时间分辨阈限的研究，报告了帕金森患者的躯体感觉的时间分辨阈限的上升效果与患者的患病时长，黑质纹状体中多巴胺能神经元丧失程度有关，并且这类效果能被多

巴胺的相关治疗手段所缓解(Lee, Lee, Conte, & Berardelli, 2018)，提示了帕金森症患者中的躯体感觉时间分辨阈限上升可能由多巴胺功能受损导致。脑成像研究(Albrecht et al., 2016; DaSilva et al., 2017)及动物研究(Schwartz et al., 2014)均显示了慢性痛个体的多巴胺系统功能受损，提示了偏头痛患者躯体感觉时间分辨阈限上升的机制可能与帕金森患者类似，均由多巴胺系统受损导致。但这一猜测均基于行为学研究证据，还缺乏直接的神经机制方面的证据。

一部分抑郁的临床疼痛患者觉得日常时间过得更慢甚至停滞 (Anagnostou & Mitsikostas, 2005; van Laarhoven et al., 2011)。而抑郁病人在日常生活中也常抱怨时间过得很慢(Droit-Volet, 2013; Wyrick & Wyrick, 1977)。但 Droit-Volet 指出，抑郁患者抱怨日常时间过得慢可能是他们为了表达日常生活中无趣，例如没有任何事物能吸引他们，因此注意力只能放在时间流逝上，而并非是时间感知的相关神经机制受到了影响(Droit-Volet, 2013)。在问卷调查中，研究者观察到抑郁病人更关注过去时间及当下时间，觉得当下时间过得缓慢，同时长时间沉溺于自身负性相关想法中，而对未来只有一些负性看法(Wyrick & Wyrick, 1977)。这一结果与 van Laarhoven 等人对癌症晚期病人的研究结果类似，痛苦程度高的癌症晚期病人也更关注当下时间，而不关注未来事件(van Laarhoven et al., 2011)。因此，抑郁临床疼痛患者觉得日常时间过得缓慢的现象可能与抑郁个体觉得日常时间过得慢有着类似的机制，反应了其消极、悲观的心态。

5. 结论及展望

通过整理疼痛背景下时距知觉变化的研究，我们认为疼痛面孔、疼痛预期及实验室疼痛均会引起时距知觉改变，而临床疼痛病人时距知觉也发生了改变。在 PA 模型的理论框架下，面对疼痛面孔、对疼痛产生预期及处于实验室疼痛下时，人的时距知觉的拉长可能与唤醒程度的提高有关。疼痛面孔、疼痛预期及实验室疼痛下时距知觉的延长可能反映了个体处于警觉，高唤醒的状态，是自身防御机制激活的一种表现，这支持了疼痛系统对身体起到保护作用。而在临床疼痛患者伴随的抑郁情绪，可能导致他们觉得日常时间流逝缓慢。另外，临床患者躯体感觉时间分辨阈限上升，反映了他们相关神经环路的受损，这或许可以成为某些类型临床疼痛患者的一个生物标识。

然而在针对临床疼痛患者时距知觉的研究还有许多不足。一、虽然目前的研究支持了临床疼痛患者时距知觉发生变化，但研究对象主要为偏头痛患者，并不能代表所有类型的临床疼痛患者；其研究范式主要为时间再产生任务，因此其结果解释受到了局限。二、虽然行为学研究显示躯体时间知觉阈限的变化可以成为偏头痛患者的一项生物标识，但还缺乏相关神

经机制证据。三、目前还缺乏疼痛影响时距知觉的动物模型及其研究，因此也缺乏从动物模型中获取的药理学及电生理证据。

探讨疼痛背景下时距知觉的变化也有着其意义。一、疼痛领域的一个重要问题是急性疼痛如何转化为慢性痛。急性痛下时距知觉的延长可能反映了防御机制的激活，而在慢性痛病人中则未表现出类似的效果，这从时距知觉的角度支持了急性痛与慢性痛存在差异；慢性偏头痛患者的躯体时距知觉阈限上升，提示了时距知觉相关神经环路参与了疼痛慢性化的过程，时距知觉或许可以为疼痛慢性化研究提供一个新的窗口。二、任何感觉和行为都有着一个时间维度，疼痛下时距知觉的改变，可以为疼痛下行为变化提供解释。例如在延迟折扣任务中，实验室疼痛状态下的健康被试偏向选择立刻得到的小额奖赏，而非延迟获得的大额奖赏(Koppel et al., 2017)，从时距知觉的角度来解释，可能是疼痛状态下被试时距知觉拉长，从而对延迟获得大额奖赏的主观价值下降。三、疼痛作为一类主观体验，时距知觉能对疼痛感受产生影响(Pomares et al., 2011)，因此，探讨疼痛与时间知觉的交互作用，或许有助于发展出临床或生活中应对疼痛的方式。

参考文献：

黄顺航，刘培朵，李庆庆，陈有国，黄希庭. (2018). 疼痛表情对秒下及秒上时距知觉的影响. *心理科学, 41*(02), 278–284.

Albrecht, D.S., MacKie, P.J., Kareken, D.A., Hutchins, G.D., Chumin, E.J., Christian, B.T. & Yoder, K.K. (2016). Differential dopamine function in fibromyalgia. *Brain Imaging and Behavior, 10*(3), 829–839.

Anagnostou, E. & Mitsikostas, D.D. (2005). Time perception in migraine sufferers: An experimental matched-pairs study. *Cephalalgia, 25*(1), 60–67.

Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A. & Manfredini, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Perception & Psychophysics, 59*(6), 972–982.

Arntz, A. & Hopmans, M. (1998). Underpredicted pain disrupts more than correctly predicted pain, but does not hurt more. *Behaviour Research and Therapy, 36*(12), 1121–1129.

Baliki, M.N. & Apkarian, A.V. (2015). Nociception, pain, negative moods, and behavior selection. *Neuron, 87*(3), 474–491.

Ballotta, D., Lui, F., Porro, C.A., Nichelli, P.F. & Benuzzi, F. (2018). Modulation of neural circuits underlying temporal production by facial expressions of pain. *PLoS One, 13*(2), e0193100.

Bar-Haim, Y., Kerem, A., Lamy, D. & Zakay, D. (2010). When time slows down: The influence of threat on time perception in anxiety. *Cognition & Emotion , 24*(2), 255–263.

Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M. & Pouthas, V. (2006). Differential involvement of internal clock and working memory in the production and reproduction of duration: A study on older adults. *Acta Psychologica, 121*(3), 285–296.

Berryman, C., Stanton, T.R., Bowering, K.J., Tabor, A., McFarlane, A. & Moseley, G.L. (2014). Do people with chronic pain have impaired executive function? A meta-analytical review. *Clinical Psychology Review, 34*(7), 563–579.

Boran, H.E., Cengiz, B. & Bolay, H. (2016). Somatosensory temporal discrimination is prolonged during migraine attacks. *Headache, 56*(1), 104–112.

Buetti, S. & Lleras, A. (2012). Perceiving control over aversive and fearful events can alter how we experience those events: An investigation of time perception in spider-fearful individuals. *Frontiers in Psychology, 3*, 337.

Buhle, J. & Wager, T.D. (2010). Performance-dependent inhibition of pain by an executive working memory task. *Pain, 149*(1), 19–26.

Buhusi, C.V. & Meck, W.H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews. Neuroscience, 6*(10), 755–765.

Casini, L. & Macar, F. (1997). Effects of attention manipulation on judgments of duration and of intensity in the visual modality. *Memory & Cognition, 25*(6), 812–818.

Chen, Z. & O'Neill, P. (2001). Processing demand modulates the effects of spatial attention on the judged duration of a brief stimulus. *Perception & Psychophysics, 63*(7), 1229–1238.

Church, R.M. & Deluty, M.Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Processes, 3*(3), 216–228.

Conte, A., Leodori, G., Ferrazzano, G., De Bartolo, M.I., Manzo, N., Fabbrini, G. & Berardelli, A. (2016). Somatosensory temporal discrimination threshold in parkinson's disease parallels disease severity and duration. *Clinical Neurophysiology, 127*(9), 2985–2989.

Crombez, G., Baeyens, F. & Eelen, P. (1994). Sensory and temporal information about impending pain: The influence of predictability on pain. *Behaviour Research and Therapy, 32*(6), 611–622.

Cui, F., Abdelgabar, A.R., Keysers, C. & Gazzola, V. (2015). Responsibility modulates pain-matrix activation elicited by the expressions of others in pain. *Neuroimage, 114*, 371–378.

DaSilva, A.F., Nascimento, T.D., Jassar, H., Heffernan, J., Toback, R.L., Lucas, S., DosSantos, M.F., Bellile, E.L., Boonstra, P.S., Taylor, J.M.G., Casey, K.L., Koeppe, R.A., Smith, Y.R. & Zubieta, J.K. (2017). Dopamine d2/d3 imbalance during migraine attack and allodynia in vivo. *Neurology, 88*(17), 1634–1641.

Dirnberger, G., Hesselmann, G., Roiser, J.P., Preminger, S., Jahanshahi, M. & Paz, R. (2012). Give it time: Neural evidence for distorted time perception and enhanced memory encoding in emotional situations. *Neuroimage, 63*(1), 591–599.

Doi, H. & Shinohara, K. (2009). The perceived duration of emotional face is influenced by the gaze direction. *Neuroscience Letters, 457*(2), 97–100.

Dolcos, F., Iordan, A.D., Kragel, J., Stokes, J., Campbell, R., McCarthy, G. & Cabeza, R. (2013). Neural correlates of opposing effects of emotional distraction on working memory and episodic memory: An event-related fmri investigation. *Frontiers in Psychology, 4*, 293.

Droit-Volet, S. (2013). Time perception, emotions and mood disorders. *Journal of Physiology, Paris, 107*(4), 255–264.

Engstrom, M., Hagen, K., Bjork, M.H., Stovner, L.J., Gravdahl, G.B., Stjern, M. & Sand, T. (2013). Sleep quality, arousal and pain thresholds in migraineurs: A blinded controlled polysomnographic study. *The Journal of Headache and Pain, 14*, 12.

Engstrom, M., Hagen, K., Bjork, M.H., Stovner, L.J. & Sand, T. (2014). Sleep quality and arousal in migraine and tension-type headache: The headache-sleep study. *Acta Neurologica Scandinavica. Supplementum* (198), 47–54.

Fayolle, S. & Droit-Volet, S. (2014). Time perception and dynamics of facial expressions of emotions. *PLoS One, 9*(5), e97944.

Fayolle, S., Gil, S. & Droit-Volet, S. (2015). Fear and time: Fear speeds up the internal clock. *Behavioural Processes, 120*, 135–140.

Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology, 35*, 1–36.

Gable, P.A. & Poole, B.D. (2012). Time flies when you're having approach-motivated fun: Effects of motivational intensity on time perception. *Psychological Science, 23*(8), 879–886.

Gibbon, J., Church, R.M. & Meck, W.H. (1984). Scalar timing in memory. *New York Academy of Sciences, 423*, 52–77.

Gil, S. & Droit-Volet, S. (2009). Time perception, depression and sadness. *Behavioural Processes, 80*(2), 169–176.

Gil, S. & Droit-Volet, S. (2011). "Time flies in the presence of angry faces"... Depending on the temporal task used! *Acta Psychologica, 136*(3), 354–362.

Gil, S. & Droit-Volet, S. (2012). Emotional time distortions: The fundamental role of arousal. *Cognition & Emotion , 26*(5), 847–862.

Gil, S., Niedenthal, P.M. & Droit-Volet, S. (2007). Anger and time perception in children. *Emotion, 7*(1), 219–225.

Goubert, L., Craig, K.D., Vervoort, T., Morley, S., Sullivan, M.J., de, C.W.A.C., Cano, A. & Crombez, G. (2005). Facing others in pain: The effects of empathy. *Pain, 118*(3), 285–288.

Grommet, E.K., Droit-Volet, S., Gil, S., Hemmes, N.S., Baker, A.H. & Brown, B.L. (2011). Time estimation of fear cues in human observers. *Behavioural Processes, 86*(1), 88–93.

Hare, R.D. (1963). The estimation of short temporal intervals terminated by shock. *Journal of Clinical Psychology, 19*, 378–380.

Heathcote, L.C., Vervoort, T., Eccleston, C., Fox, E., Jacobs, K., Van Ryckeghem, D.M. & Lau, J.Y. (2015). The relationship between adolescents' pain catastrophizing and attention bias to pain faces is moderated by attention control. *Pain, 156*(7), 1334–1341.

Hellstrom, C. & Carlsson, S.G. (1997). Busy with pain: Disorganization in subjective time in experimental pain. *European Journal of Pain, 1*(2), 133–139.

Huang, S., Qiu, J., Liu, P., Li, Q. & Huang, X. (2018). The effects of same- and other-race facial expressions of pain on temporal perception. *Frontiers in Psychology, 9*, 2366.

Isler, H., Solomon, S., Spielman, A.J. & Wittlieb-Verpoort, E. (1987). Impaired time perception in patients with chronic headache. *Headache, 27*(5), 261–265.

Kappesser, J. & Williams, A.C. (2002). Pain and negative emotions in the face: Judgements by health care professionals. *Pain, 99*(1–2), 197–206.

Karos, K., Meulders, A., Gatzounis, R., Seelen, H.A.M., Geers, R.P.G. & Vlaeyen, J.W.S. (2017). Fear of pain changes movement: Motor behaviour following the acquisition of pain-related fear. *European Journal of Pain, 21*(8), 1432–1442.

Koppel, L., Andersson, D., Morrison, I., Posadzy, K., Vastfjall, D. & Tinghog, G. (2017). The effect of acute pain on risky and intertemporal choice. *Experimental Economics, 20*(4), 878–893.

Lake, J.I., LaBar, K.S. & Meck, W.H. (2016). Emotional modulation of interval timing and time perception. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 64*, 403–420.

Lee, M.S., Lee, M.J., Conte, A. & Berardelli, A. (2018). Abnormal somatosensory temporal discrimination in parkinson's disease: Pathophysiological correlates and role in motor control deficits. *Clinical Neurophysiology, 129*(2), 442–447.

Lewis, P.A. & Miall, R.C. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: Evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology, 13*(2), 250–255.

Macar, F., Grondin, S. & Casini, L. (1994). Controlled attention sharing influences time estimation. *Memory & Cognition, 22*(6), 673–686.

Mauk, M.D. & Buonomano, D.V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annual Review of Neuroscience, 27*, 307–340.

Meck, W.H. (1983). Selective adjustment of the speed of internal clock and memory processes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 9*(2), 171–201.

Mella, N., Conty, L. & Pouthas, V. (2011). The role of physiological arousal in time perception: Psychophysiological evidence from an emotion regulation paradigm. *Brain and Cognition, 75*(2), 182–187.

Melzack, R. & Wall, P.D. (1965). Pain mechanisms: A new theory. *Science, 150*(3699), 971–979.

Merchant, H., Harrington, D.L. & Meck, W.H. (2013). Neural basis of the perception and estimation of time. *Annual Review of Neuroscience, 36*, 313–336.

Mioni, G., Grondin, S., Meligrana, L., Perini, F., Bartolomei, L. & Stablum, F. (2018). Effects of happy and sad facial expressions on the perception of time in parkinson's disease patients with mild cognitive impairment. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 40*(2), 123–138.

Mioni, G., Stablum, F., Prunetti, E. & Grondin, S. (2016). Time perception in anxious and depressed patients: A comparison between time reproduction and time production tasks. *Journal of Affective Disorders, 196*, 154–163.

Murray, C.J. & Lopez, A.D. (2013). Measuring the global burden of disease. *The New England Journal of Medicine, 369*(5), 448–457.

Ogden, R.S., Moore, D., Redfern, L. & McGlone, F. (2015). The effect of pain and the anticipation of pain on temporal perception: A role for attention and arousal. *Cognition & Emotion , 29*(5), 910–922.

Pitaes, M., Blais, C., Karoly, P., Okun, M.A. & Brewer, G.A. (2018). Acute pain disrupts prospective memory cue detection processes. *Memory, 26*(10), 1450–1459.

Pomares, F.B., Creac'h, C., Faillenot, I., Convers, P. & Peyron, R. (2011). How a clock can change your pain? The illusion of duration and pain perception. *Pain, 152*(1), 230–234.

Reicherts, P., Gerdes, A.B., Pauli, P. & Wieser, M.J. (2013). On the mutual effects of pain and emotion: Facial pain expressions enhance pain perception and vice versa are perceived as more arousing when feeling pain. *Pain, 154*(6), 793–800.

Rey, A.E., Michael, G.A., Dondas, C., Thar, M., Garcia-Larrea, L. & Mazza, S. (2017). Pain dilates time perception. *Scientific Reports, 7*(1), 15682.

Roberts, M.H., Klatzkin, R.R. & Mechlin, B. (2015). Social support attenuates physiological stress responses and experimental pain sensitivity to cold pressor pain. *Annals of Behavioral Medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine, 49*(4), 557–569.

Sambo, C.F., Howard, M., Kopelman, M., Williams, S. & Fotopoulou, A. (2010). Knowing you care: Effects of perceived empathy and attachment style on pain perception. *Pain, 151*(3), 687–693.

Schwartz, N., Temkin, P., Jurado, S., Lim, B.K., Heifets, B.D., Polepalli, J.S. & Malenka, R.C. (2014). Chronic pain. Decreased motivation during chronic pain requires long-term depression in the nucleus accumbens. *Science, 345*(6196), 535–542.

Schwarz, M.A., Winkler, I. & Sedlmeier, P. (2013). The heart beat does not make us tick: The impacts of heart rate and arousal on time perception. *Attention, Perception & Psychophysics, 75*(1), 182–193.

Simons, L.E., Elman, I. & Borsook, D. (2014). Psychological processing in chronic pain: A neural systems

approach. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 39*, 61–78.

Soares, S., Atallah, B.V. & Paton, J.J. (2016). Midbrain dopamine neurons control judgment of time. *Science, 354*(6317), 1273–1277.

Thones, S. & Oberfeld, D. (2015). Time perception in depression: A meta-analysis. *Journal of Affective Disorders, 175*, 359–372.

Thorn, B.E. & Hansell, P.L. (1993). Goals for coping with pain mitigate time distortion. *The American Journal of Psychology, 106*(2), 211–225.

Tipples, J. (2011). When time stands still: Fear-specific modulation of temporal bias due to threat. *Emotion, 11*(1), 74–80.

Tomassini, A., Ruge, D., Galea, J.M., Penny, W. & Bestmann, S. (2016). The role of dopamine in temporal uncertainty. *Journal of Cognitive Neuroscience, 28*(1), 96–110.

Tse, P.U., Intriligator, J., Rivest, J. & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & Psychophysics, 66*(7), 1171–1189.

van Laarhoven, H.W., Schilderman, J., Verhagen, C.A. & Prins, J.B. (2011). Time perception of cancer patients without evidence of disease and advanced cancer patients in a palliative, end-of-life-care setting. *Cancer Nursing, 34*(6), 453–463.

Vervoort, T., Trost, Z., Prkachin, K.M. & Mueller, S.C. (2013). Attentional processing of other's facial display of pain: An eye tracking study. *Pain, 154*(6), 836–844.

Vicario, C.M., Gulisano, M., Martino, D. & Rizzo, R. (2014). The perception of time in childhood migraine. *Cephalalgia, 34*(7), 548–553.

Vuralli, D., Boran, H.E., Cengiz, B., Coskun, O. & Bolay, H. (2017). Somatosensory temporal discrimination remains intact in tension-type headache whereas it is disrupted in migraine attacks. *Cephalalgia, 37*(13), 1241–1247.

Vuralli, D., Evren Boran, H., Cengiz, B., Coskun, O. & Bolay, H. (2016). Chronic migraine is associated with sustained elevation of somatosensory temporal discrimination thresholds. *Headache, 56*(9), 1439–1447.

Watts, F.N. & Sharrock, R. (1984). Fear and time estimation. *Perceptual and Motor Skills, 59*(2), 597–598.

Wiech, K. (2016). Deconstructing the sensation of pain: The influence of cognitive processes on pain perception. *Science, 354*(6312), 584–587.

Williams, A.C. (2002). Facial expression of pain: An evolutionary account. *The Behavioral and Brain Sciences, 25*(4), 439–455; discussion 455–488.

Williams, A.C. & Craig, K.D. (2016). Updating the definition of pain. *Pain, 157*(11), 2420–2423.

Wyrick, R.A. & Wyrick, L.C. (1977). Time experience during depression. *Archives of General Psychiatry, 34*(12), 1441–1443.

Zhang, J., Wang, G., Jiang, Y., Dong, W., Tian, Y. & Wang, K. (2012). The study of time perception in migraineurs. *Headache, 52*(10), 1483–1498.

Adaptive changes of interval timing in pain context*

Xinhe LIU[1,2], Ning WANG[1,2,Δ], Jinyan WANG[1,2], Fei LUO[1,2]

1. CAS Key Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, P.R. China.

2. Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, P.R. China.

Abstract: Interval timing refers to the time perception of hundreds of milliseconds to hours. It involves many activities in daily life and is influenced by many factors, such as arousal, attention and motivation. Pain is a multi-dimensional physiological and psychological phenomenon, including sensory-discriminative, affective-motivational and cognitive-evaluative components. Studies about interval timing in pain context comes from three aspects: (1) Time estimation of pain faces in healthy subjects; (2) Time perception of neutral stimuli in healthy subjects under experimental pain or pain expectation; (3) The change of interval timing in patients with clinical pain. Exploring the change of time perception in pain context may provide a new perspective for understanding the mechanism of pain occurrence and development.

Key words: Interval timing; Facial expression of pain; Experimental pain; Clinical pain; Pacemaker-accumulator model.